УДК 621.318

© **Г. В. Каримова, А. В. Ходырев**
lomaev@izhevsk.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ ПОЛЯ СТАРТА В АМОРФНОМ МИКРОПРОВОДЕ В СТЕКЛЯННОЙ ОБОЛОЧКЕ НА ОСНОВЕ Fe И Co

Ключевые слова: скачок Баркгаузена, флуктуации поля старта.

Abstract. On the basis of the equation of the domain wall motion, offered by Doring-Becker, addition to mathematical model for studying fluctuations of the start field is described. In the physical experiments lead on the glass-covered amorphous microwire on the basis of Fe and Co, the dependences of the start field from the frequency remagnetization fields are received.

§ 1. Результаты физических экспериментов

В данной работе исследовались образцы литого аморфного микропровода в стеклянной оболочке: $\left(Co_{92}Fe_8\right)_{63}Ni_{10}B_{16}Si_{11}$ (диаметр металлической жилы $d_{ЖС} = 6$ *мкм*, толщина стекла $d_{СТ} = 7$ *мкм*) и $Fe_{81,6}Mn_{9.3}B_{1.8}Si_6C_{13}$ ($d_{ЖС} = 17$ *мкм*, $d_{СТ} = 4.5$ *мкм*). Измерения проводились на образцах длиной 10 *мм*. Частота перемагничивающего поля треугольной формы f варьировалась от 100 до 3000 *Гц* при постоянной амплитуде перемагничивающего поля $A_m = 396$ *А/м*. Результаты исследования зависимости поля старта H_s от частоты перемагничивающего поля не отличаются от результатов, полученных другими авторами [1; 2]. Увеличение частоты перемагничивания приводит к росту поля старта.

§ 2. Математичесая модель для изучения флуктуаций поля старта

Для моделирования флуктуаций поля старта используем следующую модель[3]

$$m\ddot{x} + \beta\dot{x} + F(x) + X(t, M_X, D_X, R_X) = At,$$

$$F(x) = \begin{cases} -\dfrac{F_0}{x_0^2}x^2 \quad \text{при значениях } x \leqslant 0, \\ -\dfrac{2F_m}{\lambda^3}x^3 + \dfrac{3F_m}{\lambda^2}x^2 \quad \text{при} \quad 0 < x \leqslant \lambda, \\ -\dfrac{F_m}{(\Delta x - \lambda)^2}x^2 + \dfrac{2F_m\lambda}{(\Delta x - \lambda)^2}x + \\ \quad + \dfrac{F_m\Delta x\,(\Delta x - 2\lambda)}{(\Delta x - \lambda)^2} \quad \text{при} \quad \lambda < x < \infty, \end{cases} \tag{4}$$

где $x, \dot{x}, \ddot{x}$ — координата, скорость и ускорение доменной границы (ДГ), m — эффективная масса ДГ, β — коэффициент затухания, $F(x)$ — функция, описывающая градиент потенциального рельефа, At — линейно нарастающая сила внешнего перемагничивающего магнитного поля, $X(t, M_X, D_X, R_X,)$ — случайный процесс. Значения параметра R_X согласуются с длительностью скачка Баркгаузена для правильного отражения в модели флуктуаций поля старта (в дальнейшем для удобства будем рассматривать величину — время старта, от которой линейно зависит поле старта).

Ниже приведены результаты решения (1)–(2) с помощью неявного метода Рунге–Кутты 4-го порядка. Параметры задачи, определяющиеся характеристиками материала, выбирались применительно к аморфному микропроводу в стеклянной оболочке. Некоторые результаты моделирования при различных значениях параметров случайного процесса приведены на рис.2.1. Рис.2.1а иллюстрирует распределение времени старта при различных значениях параметра M_X .

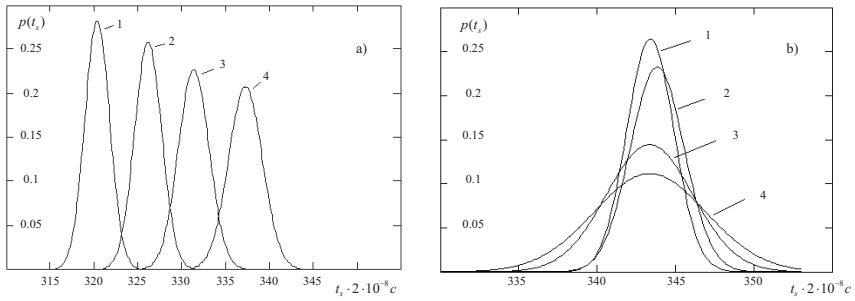

Рис. 2.1: Распределение времени старта t_s при различных значениях параметров a) M_X и b) R_X

Полученные распределения совпадают с результатами, полученными в работах [1, 2] и с помощью параметров M_X и D_X можно моделировать тепловую обработку материала. Рис.2.1b иллюстрирует распределение времени старта при различных значениях параметра R_X, который позволяет моделировать интенсивность тепловых флуктуаций в материале. В результате моделирования влияния частоты перемагничивания на поле старта и его флуктуации получены зависимости аналогичные экспериментальным. В ходе численных экспериментов было обнаружено, что включение высокочастотной (ВЧ) подкачки позволяет стабилизировать поле старта, то есть уменьшить флуктуации H_s. Для изучения влияния ВЧ подкачки на параметры распределения времени старта в правую часть уравнения (1) добавлено слагаемое $U\sin(\omega t + \phi)$. Некоторые результаты моделирования влияния ВЧ подкачки на параметры распределения времени старта H_s приведены на рис.2.2.

Подключение высокочастотной подкачки при перемагничивании образца позволяет выделить участки с меньшими флуктуациями поля старта, что важно при использовании бистабильных элементов в устройствах автоматики.

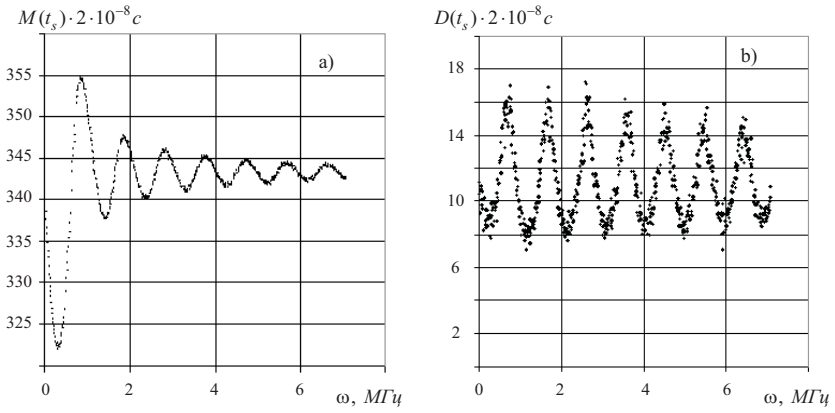

Рис. 2.2: Влияние частоты ВЧ подкачки на a)математическое ожидание и b)дисперсию поля старта t_s

Авторы выражают благодарность профессору Ломаеву Г.В. за постановку задачи и помощь в обсуждении результатов.

Список литературы

1. Жуков А. П., Пономарев Б. К. Зависимость поля старта аморфных сплавов на основе Fe и Co от частоты и амплитуды перемагничивающего поля // ФТТ. 1989. Т. 31, вып.7. С. 26–30.
2. Ломаев Г. В., Ахизина С. П. Исследование процессов перемагничивания Бисер–сердечников // Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики. ТГУ. Тверь, 1995. С. 134–142.
3. Ломаев Г. В., Петров М. Ю., Ходырев А. В. О математическом моделировании ГПР в процессе переключения бистабильных ферромагнетиков // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Физика. 2005. № 4. С. 195–202.